



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**POROVNÁNÍ POTENCIÁLNÍ PRODUKCE ELEKTRICKÉ
ENERGIE FOTOVOLTAICKÝCH ZDROJŮ U OBCÍ DO 3
000 OBYVATEL**

COMPARISON POTENTIAL PRODUCTION OF ELECTRIC ENERGY BY PHOTOVOLTAIC SOURCES FOR
MUNICIPALITIES WITH POPULATION UP TO 3 000

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Plaček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Paar, Ph.D.

BRNO 2020

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Martin Plaček

ID: 186449

Ročník: 3

Akademický rok: 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Porovnání potencionální produkce elektrické energie fotovoltaických zdrojů u obcí do 3 000 obyvatel

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přehled parametrů současných FV panelů a tašek
2. Přehled SW nástrojů pro výpočet potenciálu produkce elektrické energie z fotovoltaických zdrojů
3. Výběr obcí do 3000 obyvatel s různým charakterem střešních ploch a jejich vyhodnocení potencionální produkce elektrické energie
4. Vyhodnocení produkce elektrické energie vybrané obce pomocí webové nebo softwarového nástroje
5. Statistické vyhodnocení dat a porovnání hodnocených obcí s referenčními daty

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Materiály výrobců FV, studie zaměřené na oblast FV, IEEE

Termín zadání: 3.2.2020

Termín odevzdání: 10.6.2020

Vedoucí práce: Ing. Martin Paar, Ph.D.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

PLAČEK, Martin. *Porovnání potencionální produkce elektrické energie fotovoltaických zdrojů u obcí do 3 000 obyvatel* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127268>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky. Vedoucí práce Martin Paar.

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Porovnání potencionální produkce el. energie fotovoltaických zdrojů u obcí do 3 000 obyvatel jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 10.06.2020

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Paarovi, Ph.D. za příkladné a metodické vedení a věcné připomínky při zpracování práce.

V Brně dne..... Podpis autora.....

ABSTRAKT

Cílem této práce je poskytnout informace o střešních solárních elektrárnách a jejich využití pro obce s méně než 3000 obyvateli. Teoretická část obsahuje kromě základních informací o vyhodnocování fotovoltaického potenciálu také stručný přehled vybraných fotovoltaických tašek a panelů a jejich parametrů, a také základní přehled několika bezplatných online solárních kalkulaček. Praktická část se zaměřuje na vyhodnocení fotovoltaického potenciálu 3 vybraných obcí s rozdílným umístěním v krajině a rozložením obce pomocí metody vycházející z normy ČSN EN 15316-4-3 a pomocí solárních kalkulaček. Výsledkem je nejen vyhodnocení daných 3 obcí, ale také verifikace výsledků bakalářské práce s podobným tématem.

KLÍČOVÁ SLOVA: solární taška, solární panel, střešní fotovoltaická elektrárna, fotovoltaický potenciál, potencionální energetická produkce obcí

ABSTRACT

The goal of this thesis is to inform of upcoming trends in solar roof panels, and their usage in cities with less than 3000 inhabitants. Theoretical part of the thesis, exclude theoretical background for evaluation photovoltaic potential, contains basic review of photovoltaic tiles and panels and their parameters and also basic review of free online calculators. The practical part firstly describes the evaluation of the method and selected online calculators and main part is focused on evaluation of 3 selected municipalities with different layout and land scape conditions by method derived from standard ČSN EN 15316-4-3 and by online calculators. The result is not only the evaluation of selected municipalities but also the aim to verify the results of the thesis with similar topic.

KEY WORDS: Solar tile, solar panel, solar roof power plant, photovoltaic potential, potential power output of cities

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK.....	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
1 ÚVOD.....	12
2 PŘEHLED SOLÁRNÍCH TAŠEK A PANELŮ	13
2.1 ROZDĚLENÍ TECHNOLOGIÍ.....	13
2.2 SOLÁRNÍ TAŠKY	13
2.2.1 TAŠKY HANTILE.....	13
2.2.2 TAŠKA PAN 29	14
2.2.3 TERRAN GENERON	14
2.2.4 TAŠKY TESLA SOLARGLASS	15
2.2.5 SROVNÁNÍ.....	15
2.3 SOLÁRNÍ PANEL	16
2.3.1 LINDAB SOLARROOF.....	16
2.3.2 AMERISOLAR AS-6P30.....	17
2.3.3 FLEXIBILNÍ PANEL RENOGY 160Wp.....	17
2.3.4 PANEL VICTRON ENERGY 175 Wp	18
2.3.5 SUNPOWER MAXEON 3 400 Wp MONO.....	18
2.3.6 SROVNÁNÍ SOLÁRNÍCH PANELŮ	19
3 NÁSTROJE PRO VÝPOČET POTENCIÁLU FV PANELŮ	20
3.1 PVGIS.....	20
3.2 EASY-PV	20
3.3 SOLÁRNÍ KALKULAČKA OD LG.....	21
3.4 SOLÁRNÍ KALKULAČKA EON	21
3.5 PROJECT SUNROOF	22
4 VYHODNOCOVÁNÍ A INTERPRETACE DAT.....	23
4.1 POUŽITÁ METODA VÝPOČTU.....	23
4.2 METODA ZÍSKÁVÁNÍ DAT.....	23
4.2.1 ALTERNATIVNÍ METODY ZÍSKÁVÁNÍ DAT	23
5 VÝBĚR OBCÍ K POROVNÁNÍ.....	25
5.1 MODELOVÁ VESNICE – MORAVANY U BRNA	25
5.2 OBCE S PODOBNÝM CHARAKTEREM STŘECH	25
5.3 OBEC S JINÝM CHARAKTEREM ZASTŘEŠENÍ.....	26
5.4 OBCE S VYŠŠÍM ZASTOUPENÍM VÝŠKOVÝCH BUDOV	27
6 POROVNÁNÍ VYBRANÉHO DOMU POMOCÍ SOLÁRNÍCH KALKULAČEK	29
6.1 EASY-PV	29
6.2 SOLÁRNÍ KALKULAČKA FIRMY LG.....	30

6.3 KALKULAČKA E.ON	31
6.4 PVGIS.....	31
7 PŘEHLED VÝSLEDNÝCH DAT	32
7.1 STŘELICE U BRNA	32
7.2 MOKRÁ-HORÁKOV	33
7.3 ADAMOV.....	33
7.4 POROVNÁNÍ MEZ MĚŘENÝMI OBCEMI	34
7.4.1 POROVNÁNÍ STATISTICKÝCH DAT MEZI OBCEMI.....	34
7.4.2 POROVNÁNÍ POTENCIONÁLNĚ POUŽITELNÝCH PLOCH	35
7.4.3 POROVNÁNÍ POTENCIONÁLNÍCH VÝKONŮ (SOLÁRNÍ PANELY).....	36
7.4.4 POROVNÁNÍ POTENCIONÁLNÍ PRODUKCE RŮZNÝCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ	37
7.4.5 POROVNÁNÍ RUČNÍ METODY S KALKULAČKOU PV-GIS	38
7.4.6 POROVNÁNÍ ROZLOŽENÍ VÝKONU V PRŮBĚHU ROKU.....	40
7.4.7 POROVNÁNÍ HISTOGRAMŮ OBCÍ.....	40
8 ZÁVĚR.....	42
POUŽITÁ LITERATURA	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1 Střešní taška Hantile Meisu[2]</i>	14
<i>Obr. 2-2 Rozložená solární taška Pan29[10]</i>	14
<i>Obr. 2-3 Solární taška Generon[25]</i>	15
<i>Obr. 2-4 Taška Tesla Solarglass[24]</i>	15
<i>Obr. 2-5 Střecha se solárními panely od firmy Lindab[7]</i>	16
<i>Obr. 2-6 Panel Amerisolar AS-6M30[20]</i>	17
<i>Obr. 2-7 Panel Renogy 160 Wp[18]</i>	17
<i>Obr. 2-8 Panel Victron Energy[26]</i>	18
<i>Obr. 2-9 Panel Sunpower Maxeon 3[12]</i>	18
<i>Obr. 3-1 Výstup kalkulačky PVGIS[17]</i>	20
<i>Obr. 3-2 Návrh střechy v kalkulačce Easy - PV[1]</i>	20
<i>Obr. 3-3 Solární kalkulačka firmy LG[6]</i>	21
<i>Obr. 3-4 Výstup solární kalkulačky Eon[21]</i>	21
<i>Obr. 3-5 Výstup kalkulačky Project Sunroof[15]</i>	22
<i>Obr. 4-1 Obec Moravany u Brna[9]</i>	25
<i>Obr. 4-2 Obec Střelice [9]</i>	26
<i>Obr. 4-4 Mokrá-Horákov [9]</i>	27
<i>Obr. 4-5 Obec Adamov [9]</i>	28
<i>Obr. 5-1 Vybraný dům (vpravo) [9]</i>	29
<i>Obr. 5-2 Vybraný dům v kalkulačce PV Easy [1]</i>	30
<i>Obr. 5-3 Vybraný dům v kalkulačce firmy LG [6]</i>	30
<i>Obr. 5-4 Vybraný dům v kalkulačce PVGIS [17]</i>	31
<i>Obr. 7-1 Porovnání střešních ploch v obcích [m²]</i>	35
<i>Obr. 7-2 Porovnání ploch střech s rovnými střechami</i>	36
<i>Obr. 7-3 Porovnání potencionálních výkonů [GWh]</i>	37
<i>Obr. 7-4 Porovnání potencionální produkce</i>	37
<i>Obr. 7-5 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Moravany</i>	38
<i>Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Střelice</i> .	38
<i>Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Mokrá-Horákov</i>	39
<i>Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Adamov</i>	39
<i>Obr. 7-7 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku</i>	40

<i>Obr. 7-8 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 7-9 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku.....</i>	<i>41</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 2-1 Srovnání solárních tašek.....</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 2-2 Srovnání solárních panelů</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 7-1 Potencionální produkce obce Střelice</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 7-2 Rozložení plochy obce Střelice</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 7-3 Potencionální produkce obce Mokrá-Horákov.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 7-4 Rozložení plochy obce Mokrá-Horákov.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 7-5 Potencionální produkce obce Adamov</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 7-6 Rozložení plochy obce Mokrá-Horákov.....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 7-6 Odchytky potenciálů měřených obcí od obce Moravany</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 7-6 Odchytky potenciálů měřených obcí od obce Moravany</i>	<i>34</i>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Popis	Jednotka
$E_{FV/r}$	potenciální roční produkce elektrické energie	(kWh)
S_0	plocha půdorysu domu	(m ²)
T_{st}	Typizace střechy	(-)
K_V	Koeficient využití střechy	(-)
S_p	Plocha zabraná jedním panelem	(m ²)
P_{pk}	Instalovaný výkon	(kWp)
$\frac{P_{po}}{r}$	Roční potenciální produkce energie z FV	(kWh/kWp·rok)
K_{tep}	Koeficient oteplení panelu	(-)
K_{or}	Koeficient orientace panelu	(-)

Zkratka	Význam
ČR	Česká republika
FV	Fotovoltaika
S	Sever
SV	Severovýchod
SZ	Severozápad
J	Jih
JV	Jihovýchod
JZ	Jihozápad
V	Východ
Z	Západ
R	Rovná

1 ÚVOD

Účelem této bakalářské práce je verifikace předchozí bakalářské práce, jejímž autorem je Martin Štefek [22]. V této práci byla vytvořena metoda, s jejíž pomocí je teoreticky možné jednoduše vyhodnotit fotovoltaický potenciál střešních instalací obcí s členitým charakterem střech a jejich natočením. Cílem této práce je tak aplikovat danou metodu na další obce s podobnými počty obyvatel a zjistit, zda je daná metoda přenositelná i na dané obce. Dalším cílem této práce je také porovnání výsledků této metody s alternativními metodami výpočtu.

Tyto informace je třeba znát z důvodu nadcházejícího rozmachu fotovoltaických prvků na střechách podobných vesnic. Výsledná hodnota označuje maximální možný potencionální energetický zisk na daném území. V budoucnu se tak bude muset při návrhu rozvodné sítě brát i potaz na tyto instalované střešní fotovoltaiky, a zde bude možno využít metody vytvořené v této práci. Je totiž možné, že v současné době by některé části vedení měla s takovýmto velkým kvantem energie potíže, a hrozila by tak porucha a omezení dodávky elektrické energie.

Další nezanedbatelný faktor je rozvoj elektromobility. V roce 2019 načerpali uživatelé elektromobilů z čerpacích stanic skupiny ČEZ celkem 1 963 523 kWh elektřiny, což je 105% nárůst oproti roku 2018, kdy načerpali 959 115 kWh elektřiny [23]. Nárůst v podobném trendu by mohl být pro rozvodnou síť problém, a je proto zapotřebí znát přibližnou hodnotu elektřiny kterou by obce byly schopné zajistit samy.

Nárůst počtu fotovoltaických střešních instalací je tak nezanedbatelný. Podle mezinárodní evropské energetické agentury se předpokládá mezi lety 2019 a 2024 nárůst instalovaného výkonu o 50 až 70 GW, a to pouze v Evropě [3]. To je téměř dvakrát tolik než v předchozích letech 2013-2018. Tento nárůst může být urychlen různými iniciativami ze strany distribučních společností, jako například program skupiny ČEZ „Fotovoltaika za korunu“.

2 PŘEHLED SOLÁRNÍCH TAŠEK A PANELŮ

2.1 Rozdělení technologií

Nejčastější technologií v solárních článcích jsou na bázi krystalického křemíku. V dnešním průmyslu využíváme dvou hlavních druhů. Oba se aplikují stejně, a to rozřezáním křemíkových ingotů na tenké plátky. Právě podle metody výroby těchto ingotů dělíme [19]:

- **Monokrystalické články** jsou tou dražší, ale zase výkonnější variantou. Vyrábí se nejčastěji pomocí Czochralského metody, kdy nám vznikne monokrystal s velmi pravidelnou krystalickou mřížkou. K jejich výrobě je třeba velmi čistý křemík. Tyto články dosahují nejvyšších účinností
- **Polykrystalické články** se vyrábějí pomocí rekrytalizace. Tato metoda je levnější, a tudíž i vzniklé články jsou levnější. Bohužel však zaplatíme nižší účinností.

Poté tu je technologie tenkého filmu. Zde se nanese aktivní materiál mezi dvě vrstvy skla. To má poté za následek větší váhu oproti křemíkovým článkům. Oproti nim však mohou být tvořeny i do pružných panelů, které umožňují aplikace i na nerovné povrchy. Na dnešním trhu se vyskytují tenké filmy z těchto materiálů:

- **Kadmium-tellurové** se svojí účinností téměř vyrovnají polykrystalickým článkům. Další nevýhodou je také to, že tellur je vzácný kov, což se projevuje na ceně.
- **CIGS články** jsou články vyrobené z mědi, india, galia a selenu. Používá se i varianta bez galia, která se poté nazývá CIS.
- **Amorfni křemík** je nekrystalická verze křemíku. Článek s tímto křemíkem jsou populární hlavně díky výrobě z méně náročných, a více ekologických materiálů. Také díky vlastnostem křemíku fungují lépe za zhoršených světelných podmínek než ostatní články s tenkým filmem. Bohužel ale trpí rapidním snížením výkonu během prvních šesti měsíců v provozu.

2.2 Solární tašky

Největší výhodou fotovoltaických tašek je nejspíše modularita. Na rozdíl od jednoho velkého solárního panelu se solární tašky skládají z velkého množství menších panelů a při defektu či poškození je třeba vyměnit pouze afektované tašky. Oprava tedy poté vyjde levněji. Další výhodou jsou jejich estetické vlastnosti. Navíc kromě výroby elektrické energie slouží solární tašky jako plnohodnotná střešní krytina. Nevýhodou je také vyšší cena, avšak ta by měla postupně klesat. V současné době jsou tyto tašky dražší než panely, v budoucnu by však mohly být vhodnou alternativou při zařizování nové střechy.

2.2.1 Tašky Hantile

Solární tašky Hantile vyrábí čínská společnost Hanergy. Firma vyrábí několik různých modelů, a to modely Meisu, Gaosu a Pinsu. Na našem území je však zatím dostupný model Meisu. V Česku jej zatím prodává pouze firma Czech Energy Team. Rozměry této tašky jsou 721x500 mm. Výkon jednoho panelu je 30 Wp, na metr čtvereční to pak vychází na 105 Wp. Taška se skládá ze zakřiveného skla a tenkého POE filmu. I přesto že je taška v podstatě skleněná má certifikát o odolnosti proti krupobití. Vzhledem pak imituje normální střešní krytinu. Nevýhodou je poměrně vysoká hmotnost, kdy jediná taška váží 10 kilogramů [2]



Obr. 2-1 Střešní taška Hantile Meisu[2]

2.2.2 Taška Pan 29

Další u nás dostupnou taškou je taška Pan 29 od švýcarské firmy Rapperswil Louis Gasser AG. Tato taška se skládá ze standardní keramické tašky, do které se vkládá samotný monokrystalický panel. Rozměry tohoto modelu jsou 380x155 mm. Jeden kus dodá podle výrobce výkon 29 Wp. Výkon na metr čtvereční poté činí 87 Wp. Hmotnost tohoto modelu by měla být lehce pod 10 kg/m³ [10].



Obr. 2-2 Rozložená solární taška Pan29[10]

2.2.3 Terran Generon

Novinkou je betonová taška Generon od maďarské firmy Terran. Ta by s rozměry 330x420 mm měla dodávat 15 Wp na kus, a tedy 108 Wp na metr čtvereční. Jedna taška váží 5,9 kg [25].



Obr. 2-3 Solární taška Generon[25]

2.2.4 Tašky Tesla Solarglass

V říjnu 2019 představila Tesla třetí, tentokrát snad již komerční, model tašek. Největší změny v této verzi jsou rozměry. Zatímco předchozí verze se spoléhaly na menší rozměr, a to kompaktních 355x229 mm, nová verze má rozměry 381x1143 mm. Výroba, a hlavně následná instalace by poté měla být mnohem jednodušší. Na oficiálních stránkách Tesly uvádějí, že na modelové střeše o 2000 sq ft (185,8 m²) by měly tašky vygenerovat 10 kW. To poté v přepočtu vychází na 53,8 Wp na m². Jedna taška by pak měla výkon 23,43 Wp [24].



Obr. 2-4 Taška Tesla Solarglass[24]

2.2.5 Srovnání

Z přehledu parametrů jednotlivých tašek níže lze vidět, že nejvyššího výkonu dosahuje taška Hantile Meisu, a to 105 Wp na 1 m². Pro další kalkulace bude proto využita tato taška, má totiž

nejlepší poměr výkon/plocha. Je možné, že pro některé domy budou vhodnější jiné tašky, ať už ze strukturního nebo rozměrového hlediska.

Tab. 2-1 Srovnání solárních tašek

Název	Rozměry	Výkon jedné tašky	Výkon na 1m ²	Hmotnost	Výstupní napětí
Jednotka	[mm]	[Wp]	[Wp]	[kg]	[V]
Hantile Meisu	721x500	30	105	10	8,6
Pan 29	380x155	29	87	10	43,3
Generon	330x420	15	108	5,9	neznámá
Tesla SolarRoof	381x1143	24	54	neznámá	neznámá

2.3 Solární panel

Největší výhodou solárních panelů je jejich cena. Oproti solárním taškám jsou mnohem levnější. Nevýhodami jsou jejich velikost a hmotnost. Díky jejich větším rozměrům jimi vždy nepůjde pokrýt 100% střechy jako u tašek. Svou vahou navíc působí na konstrukci střechy, a proto nemusí být vhodné k použití na každou střechu. Do této kategorie jsem se snažil zařadit pouze ty panely které se u nás dají sehnat.

2.3.1 Lindab SolarRoof

Tento tenkostěnný solární panel nabízí firma švédská firma Lindab. Tato firma mimo jiné také nabízí normální střešní krytiny. Panel se aplikuje v bezprašném prostředí ve výrobní hale firmy přímo na plechovou střechu. Jeden metr čtvereční by podle výrobce měl vyprodukovat výkon 95 W [7].



Obr. 2-5 Střecha se solárními panely od firmy Lindab[7]

2.3.2 Amerisolar AS-6P30

Tento polykrystalický solární panel skládající se ze šedesáti článků má rozměry 1640x992 mm. Podle výrobce by měl produkovat 285Wp. Cena na českém trhu je 3190 Kč [5]. Hmotnost činí 18,5 kg [20]



Obr. 2-6 Panel Amerisolar AS-6M30[20]

2.3.3 Flexibilní panel Renogy 160Wp

Jako další model, který se u nás dá pořídit je panel Renogy 160 Wp. Jak už se dá z názvu vyčíst, jeho výkon je 160 Wp. Co činí tento panel zajímavým je jeho tvar a hmotnost. Váží totiž pouhých 3,1 kg. Tento panel lze ohnout až do úhlu 248 stupňů, a je proto vhodný na střechy, kde by jejich tvar neumožňoval instalaci konvenčních solárních panelů. Rozměry tohoto panelu jsou 1504x673 mm. Hlavní nevýhodou je jeho cena, což je 7935 Kč [9]. Renogy tento panel vyrábí i v menších variacích, a to 100 Wp a 50 Wp [11].



Obr. 2-7 Panel Renogy 160 Wp[18]

2.3.4 Panel Victron Energy 175 Wp

Tento panel o rozměrech 1485x668 mm má výkon 175 Wp. Váží 11 kg, a jeho cena v ČR je 3473 Kč [10]. Výrobce jej vyrábí také ve výkonovém rozpětí od 20 Wp do 360 Wp [13].



Obr. 2-8 Panel Victron Energy[26]

2.3.5 Sunpower Maxeon 3 400 Wp MONO

Tento monokrystalický panel má jeden z nejvyšších výkonů, které se dají na našem území sehnat, a to 400 Wp. Rozměry tohoto panelu činí 1046x1690 mm, a jeho hmotnost je 19 kilogramů. Bohužel se však ale jedná o jeden z nejdražších panelů na trhu. Cena je přibližně 11 417 Kč [12].



Obr. 2-9 Panel Sunpower Maxeon 3[12]

2.3.6 Srovnání solárních panelů

Ze zde vyobrazených hodnot lze vyčíst že nejvhodnějším kandidátem z hlediska výkonu je solární panel Sunpower Maxeon 3 o výkonu 400 Wp. Proto bude v dalším vyhodnocování použit právě tento panel. Opět zde mohou být z různých důvodů pro specifické střechy vhodnější jiné solární panely, například na střechy se zakulaceným povrchem může být vhodný ohebný panel Renogy 160Wp.

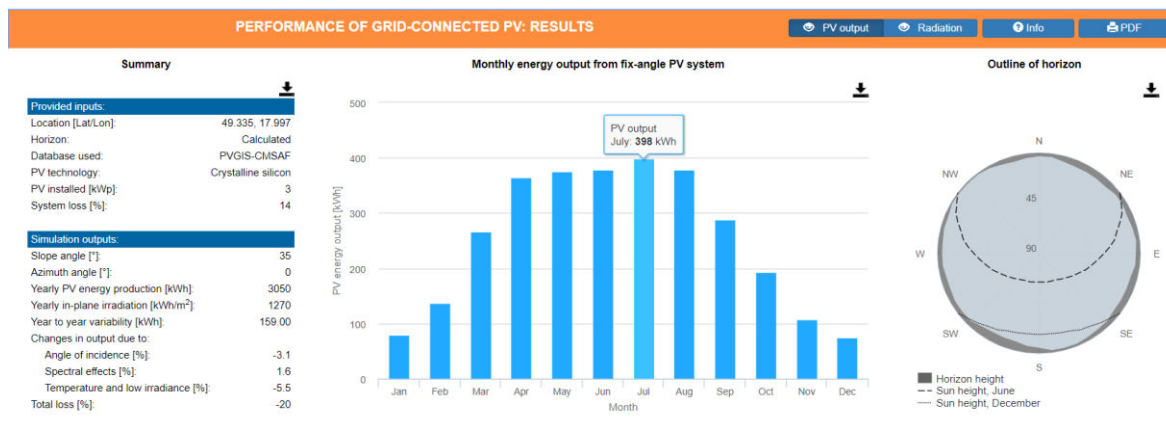
Tab. 2-2 Srovnání solárních panelů

Název	Rozměry	Výkon jednoho panelu	Výkon na 1m ²	Cena	Hmotnost
Jednotka	[mm]	[Wp]	[Wp]	[Kč]	[kg]
Lindab SolarRoof	Individuální	Individuální	95	Individuální	Individuální
Amerisolar AS-6P30	1640x992	285	184	3190	18,5
Renogy 160Wp	1504x673	160	158	7935	3,1
Victron Energy 175 Wp	1458x668	175	180	3473	11
Sunpower Maxeon 3 400 Wp	1046x1690	400	227	11417	19

3 NÁSTROJE PRO VÝPOČET POTENCIÁLU FV PANELŮ

3.1 PVGIS

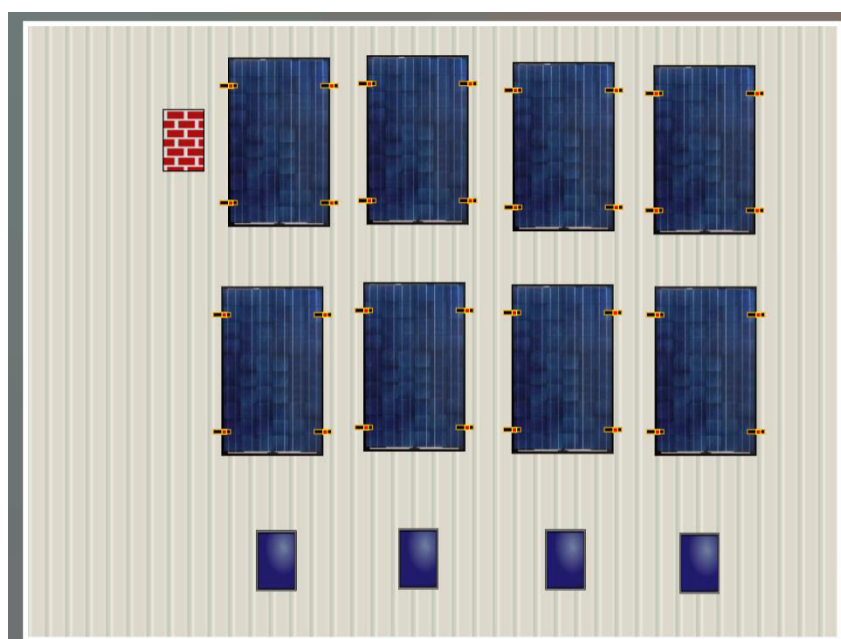
Jedná se o jeden z jednodušších solárních kalkulaček. Jednoduše vyberete místo instalace solárních panelů, instalovaný výkon, technologii a ztráty systému. Systém vám poté podle dostupných dat vypíše předpokládanou vygenerovanou energii za jednotlivé měsíce. Také zde najdeme možnost výpočtu pro hybridní bateriové systémy. Nevýhoda této kalkulačky je, že je poměrně jednoduchá, avšak je dostačující pro výpočet solárních tašek. [15]



Obr. 3-1 Výstup kalkulačky PVGIS[17]

3.2 EASY-PV

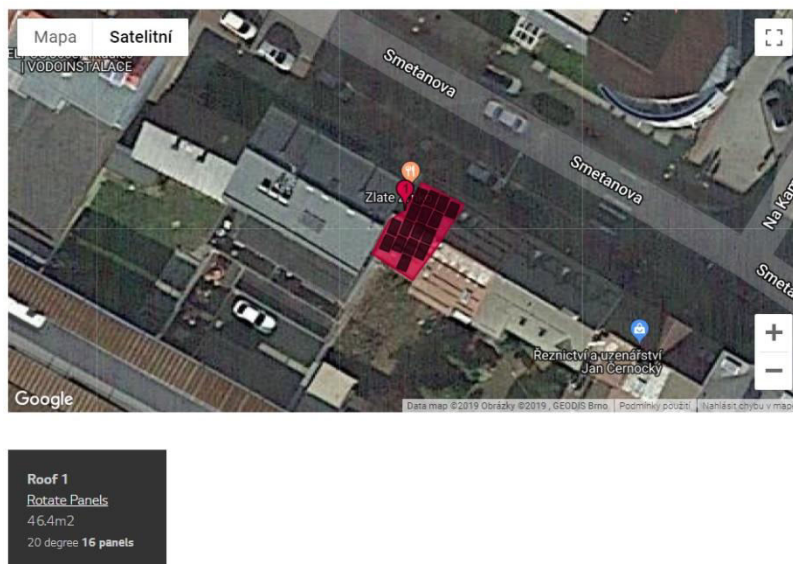
Easy-PV je nástroj pro návrh rozložení pro střechy. Vypíšete si zde rozměry, náklon a orientaci střechy, a následně dovoří v přehledném grafickém editoru navrhout rozložení panelů na střechě. Dále se pak zvolí invertor a program nám ukáže schéma zapojení a také nám například vypíše, pokud daný invertor nezvládá dané množství panelů. Bohužel v něm lze zadat pouze několik vybraných panelů. [1]



Obr. 3-2 Návrh střechy v kalkulačce Easy - PV[1]

3.3 Solární kalkulačka od LG

Zde je další poměrně jednoduchá kalkulačka od LG. Zadáte adresu, pomocí kreslících nástrojů označíte okraje vaší střechy, vyberete náklon a orientaci střechy, a systém vám automaticky zaplní střechu panely. Má však dvě velké nevýhody. Počítá pouze s panely LG, které mají vždy stejný rozměr a liší se pouze výkonem, a jako výsledek dostanete pouze informaci kolik energie můžou solární panely na vaší střeše vyprodukovat. Daný výsledek je tak pouze orientační. [6]



Obr. 3-3 Solární kalkulačka firmy LG[6]

3.4 Solární kalkulačka EON

Tento nástroj pochází od distribuční firmy Eon. Nejdříve podle zadané adresy vypočítá odhadovanou roční úsporu v korunách, a po zadání podrobnějších informací vám vypíše i návratnost a předpokládanou výši počáteční investice. Na rozdíl od ostatních kalkulaček v tomto seznamu je její rozhraní v češtině. Nevýhodou je, že si zde nemůžete vybrat jaké solární panely při tomto výpočtu používáte. [21]

Celková roční úspora:
12 740 Kč

Návratnost:
15 let

Chci nezávaznou nabídku

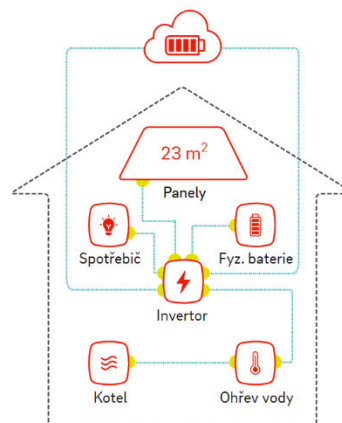
Parametry vašeho solárního systému

Množství vyrobené energie za rok:	3,89 MWh
Odhadované využití Virtuální baterie za rok:	0,35 MWh
Odhadované využití fyzické baterie za rok:	0,27 MWh
Maximální výkon:	3,64 kWp
Cena:	295 900 Kč
Dotace:	105 000 Kč
Cena pro vás po odečtení dotace:	190 900 Kč

S E.ON Půjčkou získáte roční pevnou úrokovou sazbu 5,99 % p.a. Reprezentativní příklad naleznete [zde](#).

Virtuální baterie

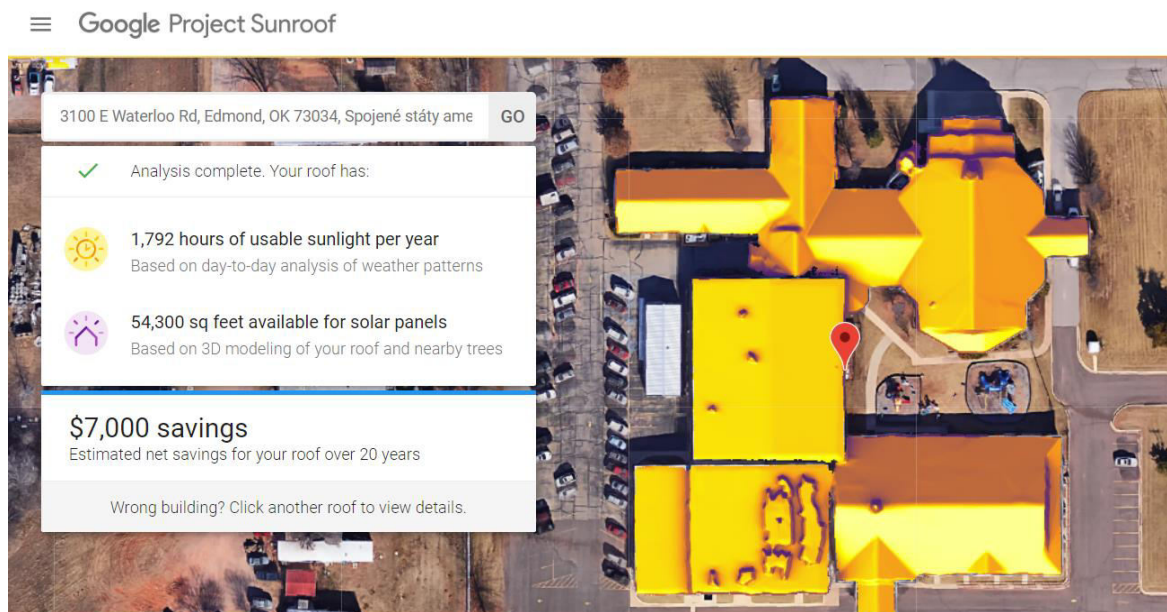
Velikost Virtuální baterie: 1 MWh/rok



Obr. 3-4 Výstup solární kalkulačky Eon[21]

3.5 Project Sunroof

S touto kalkulačkou přišla společnost Google. Využívá jejich vlastních mapových podkladů. Po zvolení adresy dostanete odhadovanou ušetřenou částku, doporučenou velikost instalace, počáteční investici a návratnost. Tato kalkulačka zatím není dostupná pro naše území, její výpočty jsou tak pouze referenční. [15]



Obr. 3-5 Výstup kalkulačky Project Sunroof[15]

4 VYHODNOCOVÁNÍ A INTERPRETACE DAT

4.1 Použitá metoda výpočtu

Metodika výpočtu byla převzata z bakalářské práce [22], jenž vychází z normy ČSN EN 15316-4-3. Původní norma není vhodná na použití při výpočtu výkonu střešních ploch. Nebere v potaz natočení, typ střech, či jejich plochu. Nebyla proto vhodná pro výpočet jednotlivých domů či velkých ploch. Autor práce danou normu upravil, aby se s její pomocí dal jednoduše spočítat potenciál jak jednotlivých domů, tak celých obcí. Nový vzorec tak bere v potaz typ střechy, plochu panelu, natočení a charakteristiky uvažovaného solárního panelu. Jako hlavní nástroj k vyhodnocení dané obce byl použit iKatastr.cz, kde jsou uvedeny zastavěné plochy daných nemovitostí, a mapa fotovoltaického potenciálu ze serveru solargis.com [8]. Pro jednotlivé objekty se pro zjištění celoročního potenciálu využívá tohoto vzorce:

$$E_{FV/r} = \frac{S_0 \cdot T_{st} \cdot K_V}{S_p} \cdot P_{pk} \cdot \frac{P_{po}}{r} \cdot K_{tep} \cdot K_{or} \quad (1)$$

Kde	$E_{FV/r}$	potenciální roční produkce elektrické energie	(kWh)
	S_0	Plocha půdorysu domu	(m ²)
	T_{st}	Typizace střechy	(-)
	K_V	Koeficient využití střechy	(-)
	S_p	Plocha zabraná jedním panelem	(m ²)
	P_{pk}	Instalovaný výkon	(kWp)
	$\frac{P_{po}}{r}$	Roční potenciální produkce energie z FV	(kWh/kWp·rok)
	K_{tep}	Koeficient oteplení panelu	(-)
	K_{or}	Koeficient orientace panelu	(-)

4.2 Metoda získávání dat

Pro výše zmíněnou metodiku je třeba získat data o ploše střechy a jejím natočení. Tyto hodnoty byly zaznamenány s pomocí webové stránky iKatastr.cz [16]. Zde lze nalézt plochu půdorysu domu a zjistit přibližné natočení střešní plochy a její typizaci. Tato metoda byla doplněna pomocí nástroje pro měření plochy serveru Mapy.cz. Některé parcely totiž obsahovaly i části nevhodné k instalaci fotovoltaických prvků. Bylo tedy třeba změřit plochu samotného domu bez těchto částí.

4.2.1 Alternativní metody získávání dat

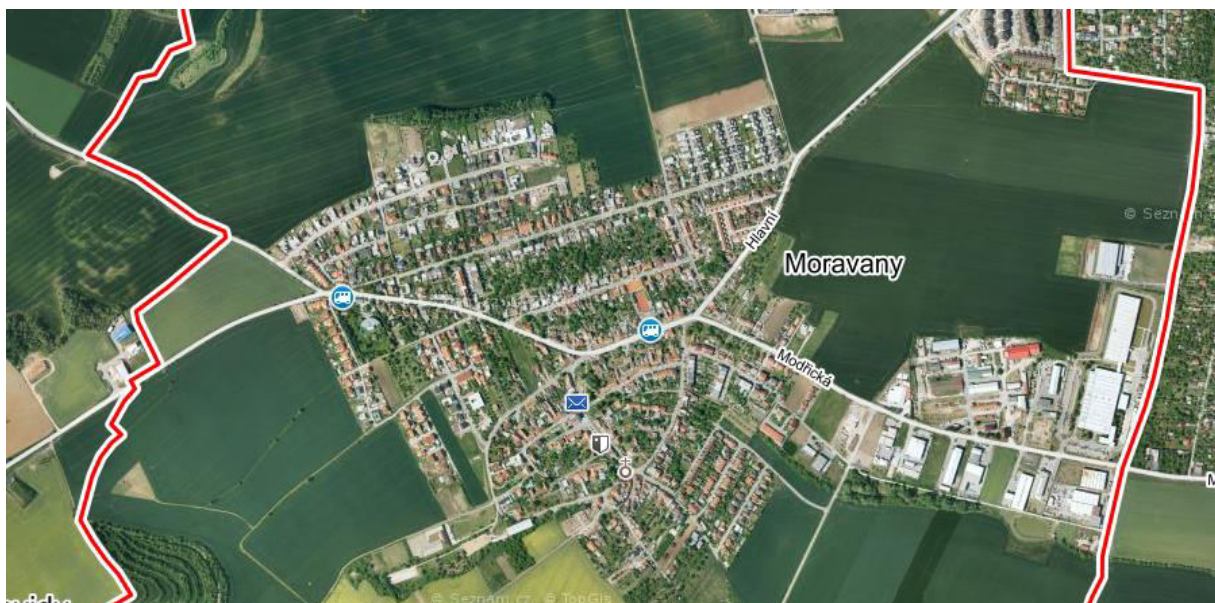
Získávání dat pomocí katastrálních map je však časově velmi náročné a dá se zde velmi snadno chybovat. Proto byly zjištěny i alternativní metody, které by celý proces zjednodušily. Jako nejpraktičtější se jeví získávání dat pomocí LiDARu. Tomuto se věnuje publikace [4]. Tato metoda umožňuje mnohem podrobnější zobrazení dopadajícího slunečního záření na jednotlivé plochy střech, a v konečném důsledku bude tato metoda velmi přesná. Bohužel však ani tato metoda není plně automatizovaná a je třeba ze začátku ručně vytrdit vhodné domy. Několik zemí, včetně České

republiky, zveřejnily své změřené data z LiDARu zdarma na internet, a tak jsou tyto data dobře dostupné. Další možnost získávání dat předvedli indiští studenti v publikaci [5], kdy k získávání dat využili velký počet studentů a použili tak získávání těchto dat jako výukový materiál. Zapojilo se celkem 120 studentů. Zde spojili odečítání dat z aplikace Google Earth a osobní návštěvy měřených zástaveb. Díky početné komunitě studentů tak dokázali během čtyř měsíců zpracovat plochu 437 km² Bombaje a jejího blízkého okolí. K porovnání, rozloha obce Střelice, jenž byla v rámci této práce vyhodnocena je 14,67 km². Vyhodnocení této plochy trvalo přibližně 20 hodin. Pokud by tedy Bombaj měla být zpracována tou samou metodou, trvalo by to jednomu člověku přibližně 598 hodin.

5 VÝBĚR OBCÍ K POROVNÁNÍ

5.1 Modelová vesnice – Moravany u Brna

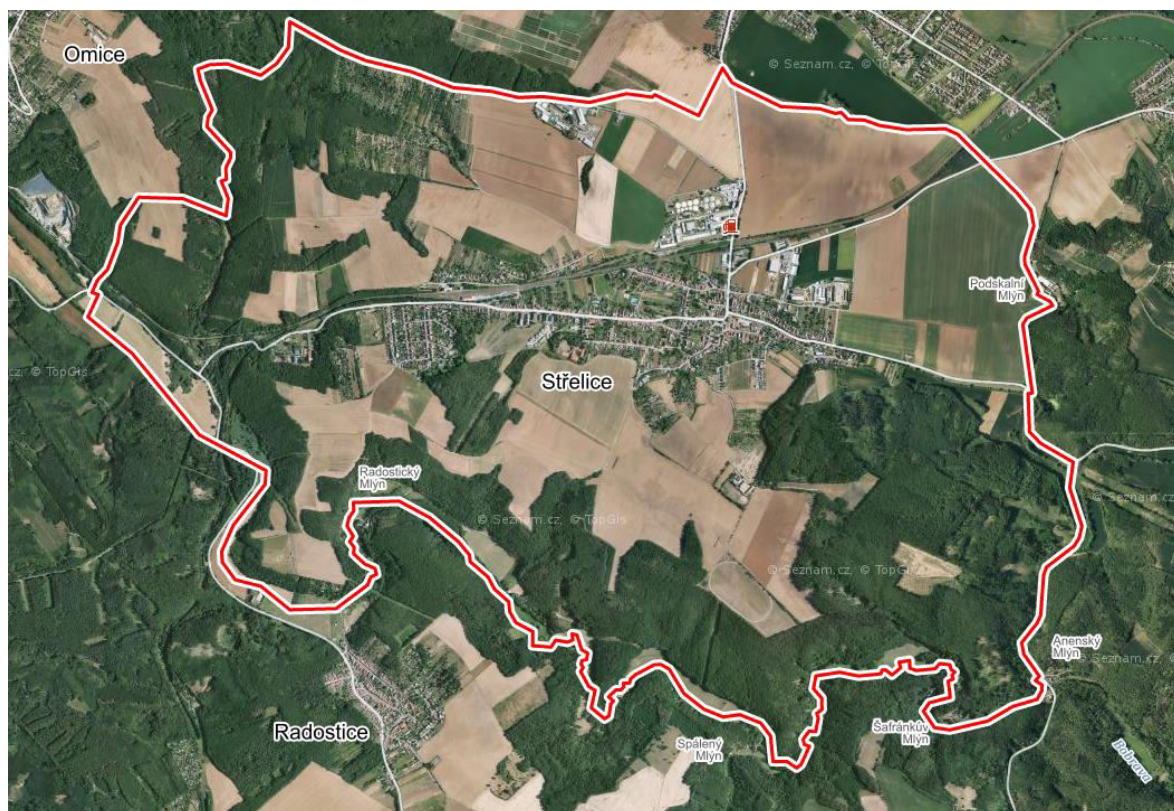
Jako modelová vesnice slouží obec Moravany u Brna. Tato obec má 2274 obyvatel. Nachází se na rovině, a tudíž zde nehrozí zastínění okolním terénem. Většina domů je orientována na jih, tudíž je tak zajištěna co největší doba přímého slunečního svitu. Z těchto důvodů se nám poté jeví jako ideální kandidát na aplikaci solárních článků. Potenciál této obce vypočítal Martin Štefek ve svojí práci *Potencionální produkce elektrické energie ze střešních fotovoltaických elektráren v obci do 3000 obyvatel* [20]. Pro ověření jeho práce jsem si tedy vybral několik obcí, jež jsou podobné, či se liší, od Moravan. Všechny obce se nacházejí v Jihomoravském kraji. [14]



Obr. 4-1 Obec Moravany u Brna [9]

5.2 Obce s podobným charakterem střech

V této části byla vybrána takové obce, jež se svým natočením či orientací střech podobá Moravanům. Obec by se tedy měla nacházet na rovině a měla by mít většinu střech orientovanou na jih. Po prozkoumání všech obcí v jihomoravském kraji s podobným počtem obyvatel byla vybrána obec Střelice. Z obrázku níže lze vidět že obec svým rozložením připomíná obec Moravany. V obci se nachází malé množství průmyslových budov a většinový podíl zástavby tak tvoří rodinné domy. Obec Střelice se nachází na jihozápad od Brna a má 2979 obyvatel. [14]



Obr. 4-2 Obec Střelice [9]

5.3 Obec s jiným charakterem zastřešení

Zde byla vybrána obec, jež se od Moravan co nejvíce liší. Tudíž by měla být situována v údolí, aby byl možný sluneční svit omezen terénem. Také by natočení střech v této obci mělo být na východ nebo na západ, tudíž aby sluneční svit dopadající na střechy nebyl úplně ideální. Z obcí jihomoravského kraje tak byla díky odpovídajícím charakteristikám vybrána obec Mokrá-Horákov. Obec se skládá ze dvou dílčích částí, obce Mokrá a obce Horákov. Dílčí část Mokrá se nachází v údolí a obsahuje několik výškových a průmyslových budov. Dílčí část Horákov leží na úpatí kopce, tudíž její lokace také není ideální. Převážně se obec skládá z jednopatrových domů se sedlovou nebo valbovou střechou. Obec Mokrá-Horákov je na východ od Brna a má 2760 obyvatel. [14]



Obr. 4-4 Mokrá-Horákov [9]

5.4 Obce s vyšším zastoupením výškových budov

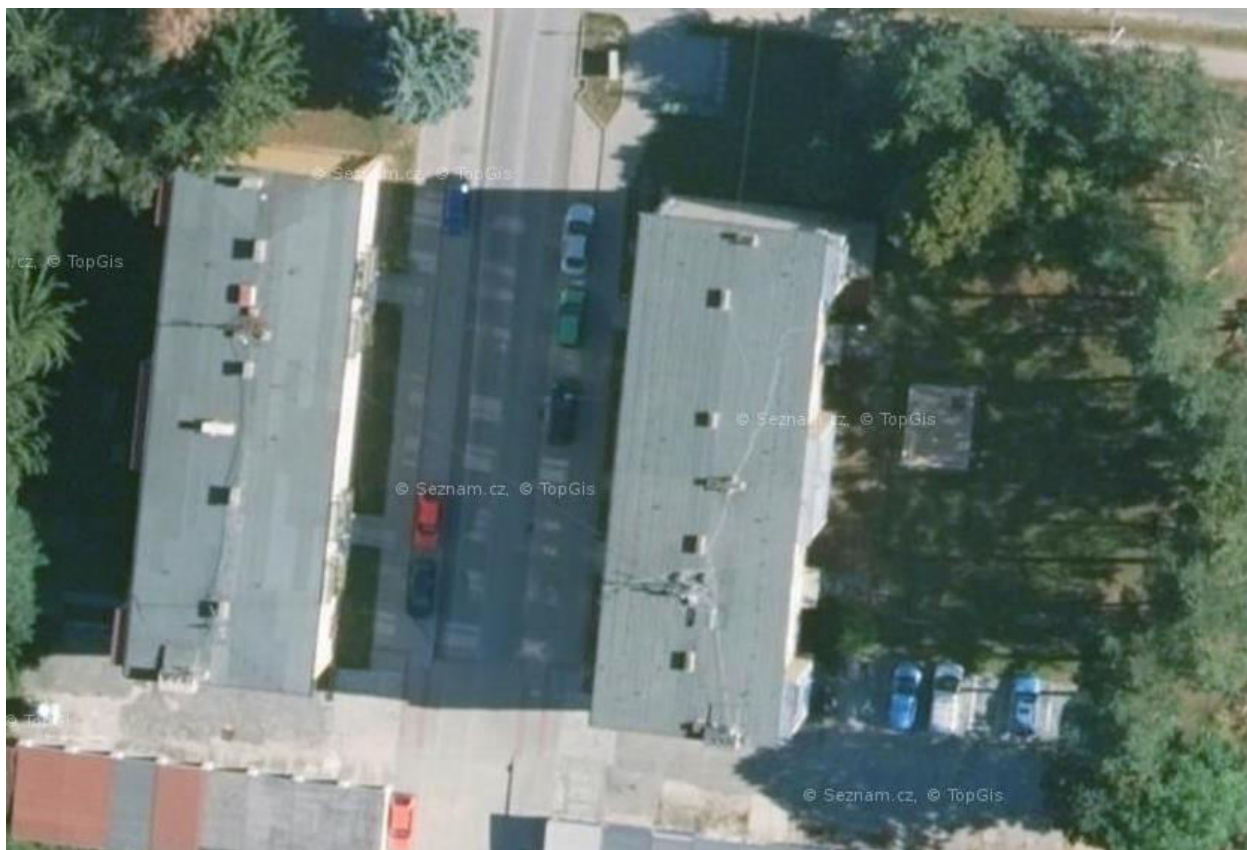
Zde byly vybrány obce, které obsahují aspoň nějaké výškové budovy. Výškové budovy by mohly způsobovat dva problémy. Zaprvé, mohly by zastiňovat okolní budovy a způsobit tak pokles výkonu. Zadruhé, díky většímu počtu obyvatel na menší plochu střechy by mohly ovlivňovat poměr výkonu na obyvatele obce [19]. Obec Adamov byla vybrána kvůli jejímu jedinečnému charakteru. Obec se nachází v údolí, a její zástavba je tvořena převážně panelovými domy. Počet obyvatel obce je však vyšší než námi požadované 3000, obec tak čítá 4591 obyvatel. Byla tak vybrána oblast, ve které by se mělo nacházet počet obyvatel v rozpětí 2 až 3 tisíc. Tato oblast byla vybrána podle požadované charakteristiky, a to tak aby se zde nacházelo co nejvíce výškových budov, aby bylo na výsledných datech zjevné, jak je právě tyto výškové budovy ovlivňují. [14]



Obr. 4-5 Obec Adamov [9]

6 POROVNÁNÍ VYBRANÉHO DOMU POMOCÍ SOLÁRNÍCH KALKULAČEK

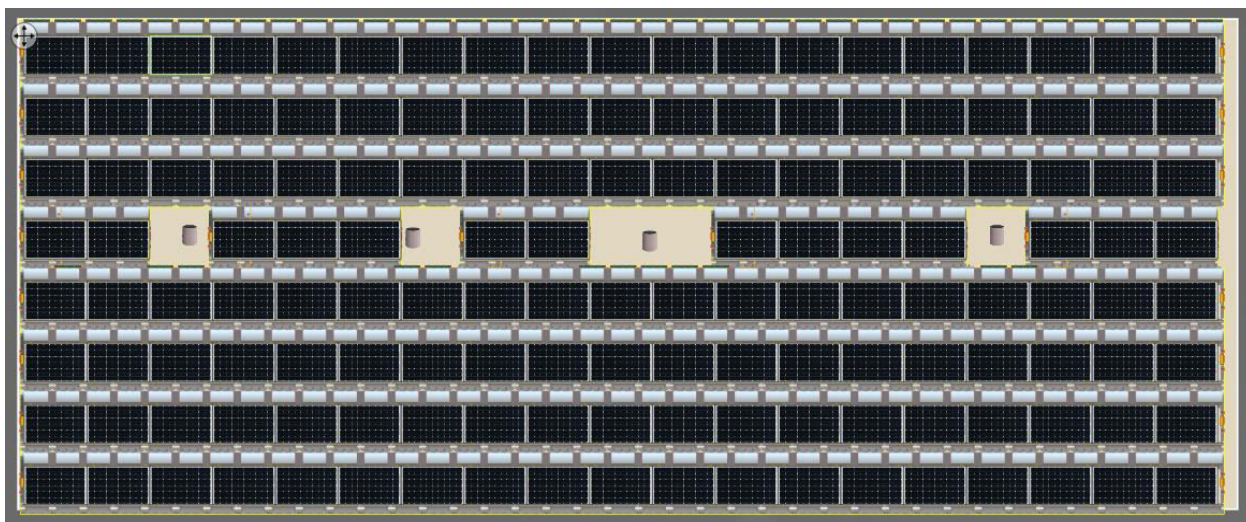
Náhodně byl vybrán dům v obci Střelice. Zvolený dům má plochou střechu obdélníkového tvaru o rozměrech 33x12 m. Rozměry byly změřeny pomocí serveru Mapy.cz. parametry tohoto domu vložíme do solárních kalkulaček v kapitole 3. Bohužel ale bude vynechán Project Sunroof, protože na našem území není dostupný. [15]



Obr. 5-1 Vybraný dům (vpravo) [9]

6.1 Easy-PV

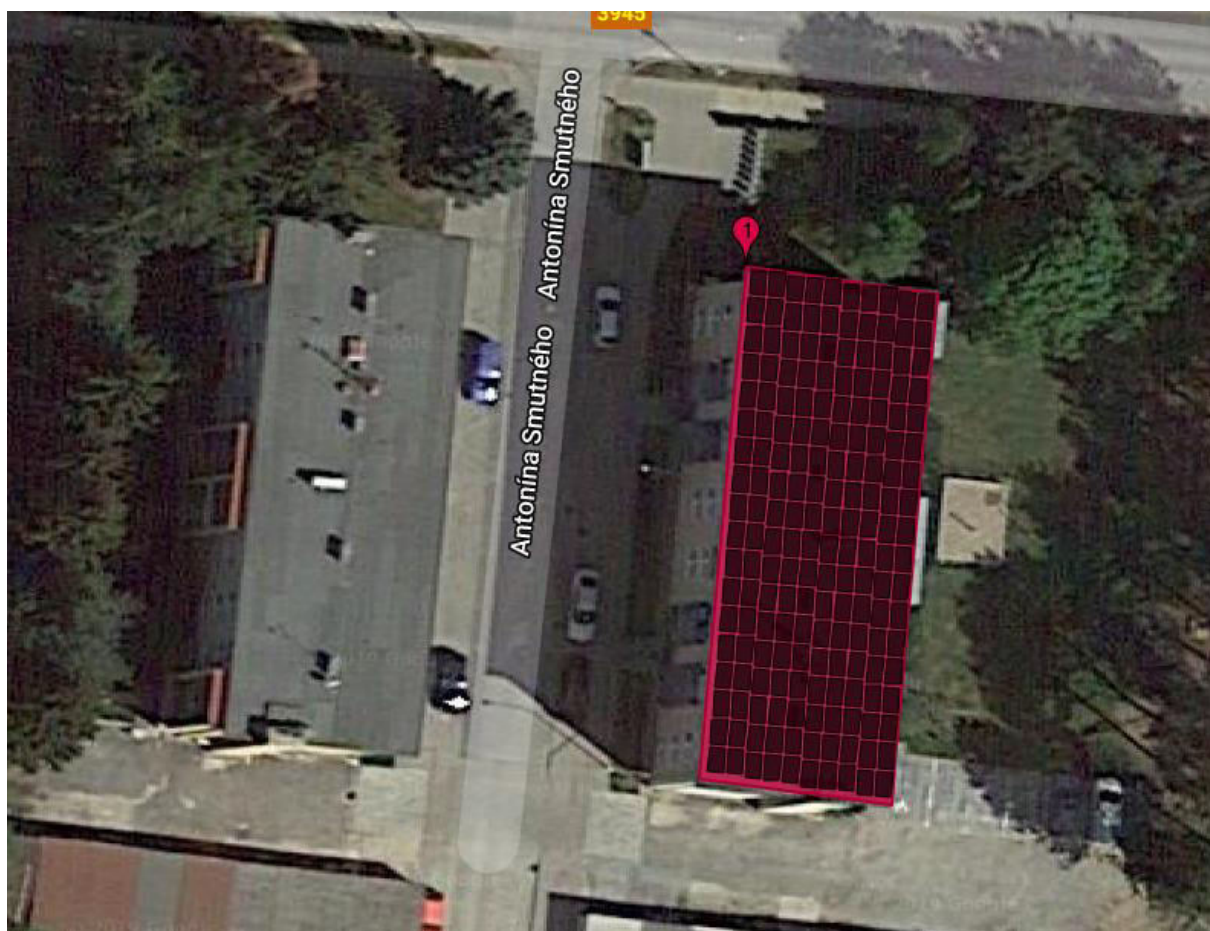
Podle solární kalkulačky Easy-PV se na střechu vejde 146 monokrystalických panelů LG Neon R Black Framed o výkonu 370 W, což nám dohromady dává 54,02 kWp. [1]



Obr. 5-2 Vybraný dům v kalkulačce PV Easy [1]

6.2 Solární kalkulačka firmy LG

Kalkulačka firmy LG nám udává, že na střechu lze umístit 164 panelů o výkonu 365 W. Celkově tedy můžeme vygenerovat 59,86 kWp. [6]



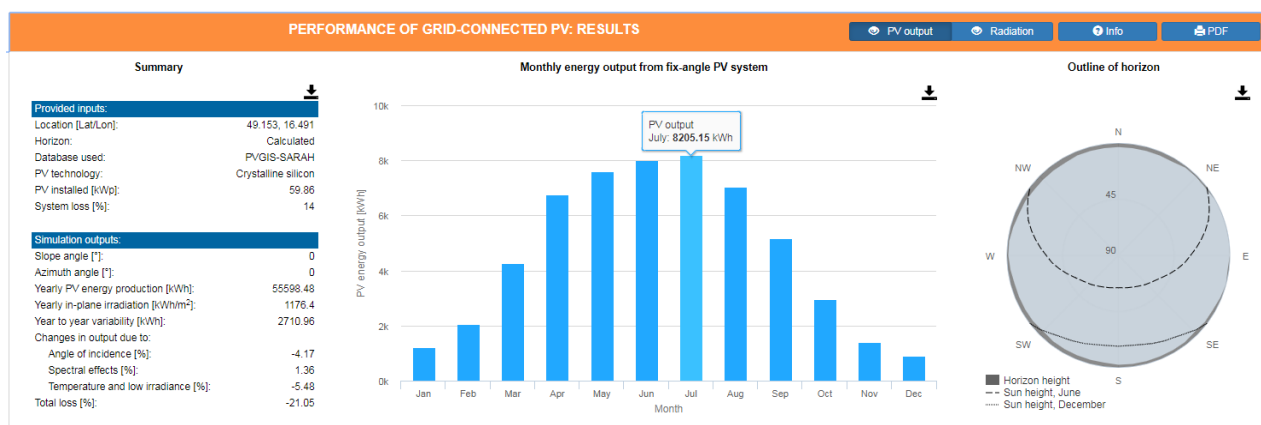
Obr. 5-3 Vybraný dům v kalkulačce firmy LG [6]

6.3 Kalkulačka E.ON

Pro tento objekt nebyla schopna vypočítat úsporu či vhodný solární systém z důvodu nemožnosti dotace na tento dům. Kalkulačku firmy E.ON tudíž nelze použít na všechny nemovitosti a je tedy třeba i alternativního řešení. [21]

6.4 PVGIS

Do kalkulačky PVGIS musíme vložit nainstalovaný výkon. Vložím tedy výkon který spočítala kalkulačka LG a to 59,86 kWp, Z kalkulačky lze vyčíst ze nejvyšší výkon bude pravděpodobně v červenci, a získáme pomocí střešní solární elektrárny 8205,15 kWh. [17]



Obr. 5-4 Vybraný dům v kalkulačce PVGIS [17]

7 PŘEHLED VÝSLEDNÝCH DAT

U každé z vybraných obcí byl poté vypracován výpočet potenciálu produkce dle výše zmíněné metodiky z kapitoly 4.1. Aby byla data srovnatelná s bakalářskou prací pana Štefka, byly výsledky řádně roztrženy dle typu budovy a typu provedení střešní instalace FV systému. Instalace byly roztrženy do následujících kategorií:

- Solární panely: Zde se uvažuje pouze s instalací vybraného solárního panelu.
- Solární tašky: Zde se uvažuje instalace pouze vybrané solární tašky. Instalace tašek na ploché střechy není možná, potenciální produkci na rovných střechách tudíž ignorujeme.
- Tašky+Panely: Zde se uvažuje instalace solárních panelů na co největší možnou plochu. Na zbytek střechy, kde panely nainstalovat nelze, se počítá s instalací solárních tašek.

Plochy pak byly roztrženy podle typu budovy, na které leží:

- Rodinné domy
- Jiné: Zde patří všechny atypické zástavby, jenž nelze brát jako rodinný dům např. sklady, průmyslové zástavby.
- Součet: Zde je součet obou předchozích typů

Dále je pak u každé obce také tabulka s rozložením ploch podle natočení.

7.1 Střelice u Brna

Tab. 7-1 Potencionální produkce obce Střelice

		Natočení střechy					
		S+SZ+SV	J+JV+JZ	V	Z	Rovná	Součet
Potencionální roční produkce [GWh]	RD+Jiné						
	Solární panely	3,88	5,30	2,97	2,86	1,11	16,12
	Solární tašky	2,12	2,87	1,63	1,58	0,00	8,20
	Tašky+Panely	4,58	6,22	3,51	3,39	1,11	18,76
	Rodinné domy						
	Solární panely	3,19	4,29	1,96	1,88	0,18	11,50
	Solární tašky	1,77	2,35	1,11	1,07	0,00	6,30
	Tašky+Panely	3,79	5,06	2,35	2,26	0,18	13,63
	Jiné						
	Solární panely	0,69	1,01	1,01	0,98	0,93	4,63
	Solární tašky	0,35	0,52	0,52	0,51	0,00	1,90
	Tašky+Panely	0,79	1,16	1,16	1,13	0,93	5,13

Tab. 7-2 Rozložení plochy obce Střelice

Natočení	S+SV+SZ	J+JZ+JV	V	Z	Rovná	Součet
Plocha(m ²)	37 747,67	37 532,29	23 904,55	23 061,64	10 853,00	133 099,15

7.2 Mokrá-Horákov

Tab. 7-3 Potencionální produkce obce Mokrá-Horákov

		Natočení střechy					
		S+SZ+SV	J+JV+JZ	V	Z	Rovná	Součet
Potencionální roční produkce [GWh]	RD+Jiné						
	Solární panely	2,20	2,68	1,79	1,77	2,30	10,74
	Solární tašky	0,94	1,50	1,02	0,96	0,00	4,42
	Tašky+Panely	2,63	3,00	1,79	1,77	2,30	11,49
	Rodinné domy						
	Solární panely	1,87	2,26	1,75	1,73	1,07	8,67
	Solární tašky	1,01	1,22	0,98	0,93	0,00	4,14
	Tašky+Panely	2,19	2,46	1,73	1,69	1,07	9,13
	Jiné						
	Solární panely	0,33	0,42	0,04	0,04	1,24	2,07
	Solární tašky	0,23	0,28	0,03	0,03	0,00	0,58
	Tašky+Panely	0,44	0,54	0,06	0,08	1,24	2,35

Tab. 7-4 Rozložení plochy obce Mokrá-Horákov

Natočení	S+SV+SZ	J+JZ+JV	V	Z	Rovná	Součet
Plocha(m ²)	20 460,06	20 753,72	14 882,03	14085,16	23 281,42	93 462,38

7.3 Adamov

Tab. 7-5 Potencionální produkce obce Adamov

		Natočení střechy					
		S+SZ+SV	J+JV+JZ	V	Z	Rovná	Součet
Potencionální roční produkce [GWh]	RD+Jiné						
	Solární panely	0,65	0,81	0,15	0,15	1,64	3,41
	Solární tašky	0,46	0,59	0,13	0,13	0,00	1,31
	Tašky+Panely	0,88	1,10	0,22	0,28	1,65	4,12
	Rodinné domy						
	Solární panely	0,40	0,46	0,04	0,04	0,05	0,99
	Solární tašky	0,27	0,31	0,03	0,03	0,00	0,64
	Tašky+Panely	0,52	0,60	0,05	0,06	0,07	1,29
	Jiné						
	Solární panely	0,25	0,35	0,11	0,11	1,58	2,42
	Solární tašky	0,20	0,28	0,10	0,10	0,00	0,67
	Tašky+Panely	0,36	0,50	0,17	0,22	1,58	2,84

Tab. 7-6 Rozložení plochy obce Mokrá-Horákov

Natočení	S+SV+SZ	J+JZ+JV	V	Z	Rovná	Součet
Plocha(m ²)	7547,29	8226,2	1940,33	1940,33	16 553,4	36 207,55

7.4 Porovnání mez měřeními obcemi

Protože tato práce slouží i jako verifikace bakalářské práce pana Štefka, bude s vypracovanými obcemi porovnávána i obec Moravany u Brna. Protože práce pana Štefka počítala s panelem jiného výkonu, budou hodnoty převzaté z jeho práce upraveny tak, aby byly výsledky obce Moravany srovnatelné s výsledky obcí Střelice, Mokrá-Horákov a Adamov.

7.4.1 Porovnání statistických dat mezi obcemi

V této části budou porovnávány vypracované obce s obcí Moravany. Pomocí metody absolutní chyby byly zjištěny odchylky ve srovnávaných parametrech, aby poté mohly být analyzovány.

Tab. 7-6 Odchylky potenciálů měřených obcí od obce Moravany

Natočení	SV, S, SZ	JV, J, JZ	V, Z	Součet	Odchylka od Moravan [%]			
Moravany	2,58	13,36	3,86	19,81	0,00	0,00	0,00	0,00
Střelice	3,88	6,41	5,83	16,12	-50,20	52,02	-50,92	18,62
Mokrá-Horákov	2,20	4,98	3,56	10,74	14,81	62,72	7,91	45,79
Adamov	0,65	2,45	0,31	3,41	74,67	81,69	92,00	82,78

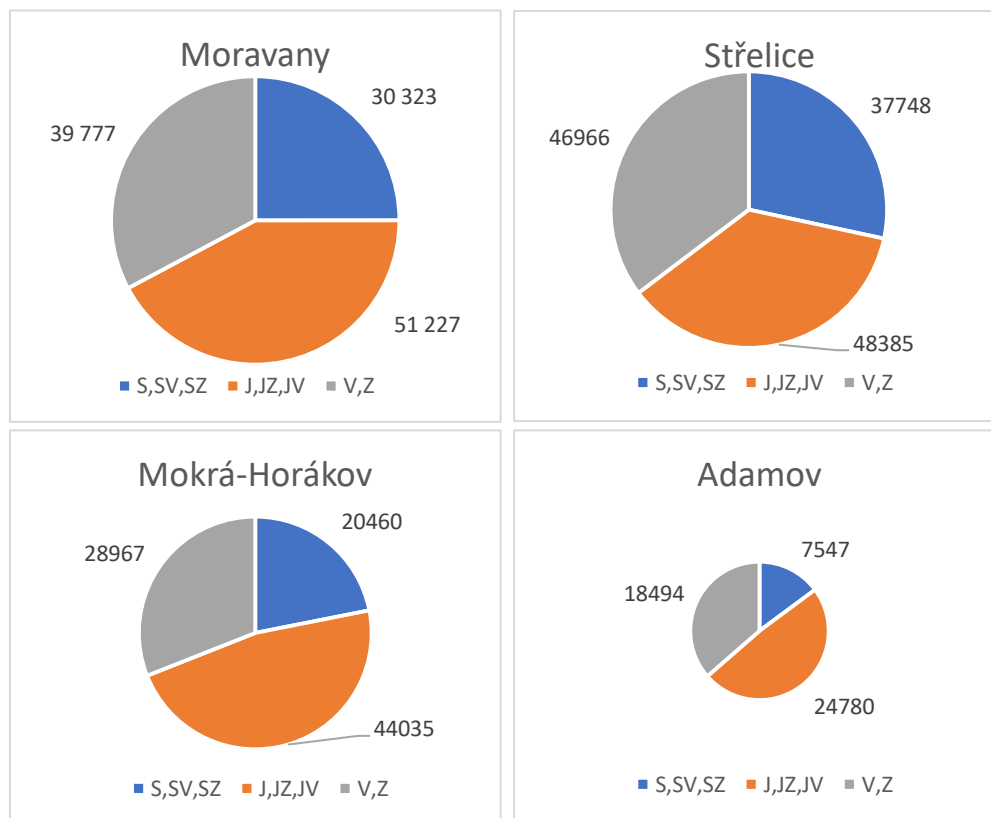
Na tabulce 7-7 lze vidět že většina hodnot je nižších než u Moravan. Výjimkou jsou natočení střech na sever a na východ a západ u obce Střelice, které jsou o 50% vyšší. Podle očekávání je nejvyšší odchylka u obce Adamov, a to 91,31 %, Nejvyšší odchylky se tak nachází u obce Adamov a nejnižší odchylky u obce Střelice.

Tab. 7-6 Odchylky potenciálů měřených obcí od obce Moravany

Natočení	SV, S, SZ	JV, J, JZ	V, Z	Součet	Odchylka od Moravan [%]			
Moravany	30323	51227	39777	121 327	0,00	0,00	0,00	0,00
Střelice	37748	48385	46966	133 099	-24,49	5,55	-18,07	-9,70
Mokrá-Horákov	20460	44035	28967	93 462	32,53	14,04	27,18	22,97
Adamov	7547	24780	18494	50 821	75,11	51,63	53,51	58,11

Na tabulce 7-8 jsou zobrazeny odchylky použitelných ploch od obce Moravany. Opět dosahuje nejmenších obec Střelice a nejmenších obec Adamov. V porovnání s předchozím grafem lze vyčíst, že přestože má obec Adamov odchylku v použitelné ploše 58,11%, neznamená to že bude odchylka výkonu stejná, odchylka výkonu je zde 82,78 %. Z tabulky 7-8 lze také vidět, že přestože má obec Střelice více celkových střešních ploch než obec Moravany, její výkon je nižší. To může být zapříčiněno například jiným natočením nemovitostí v obci.

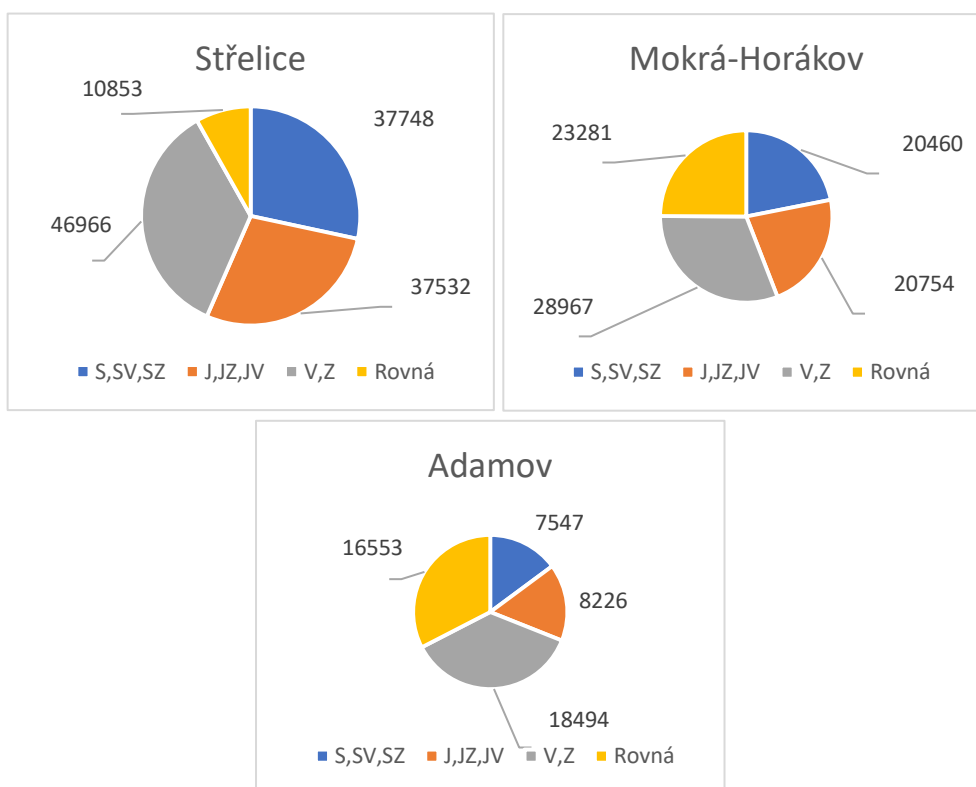
7.4.2 Porovnání potencionálně použitelných ploch



Obr. 7-1 Porovnání střešních ploch v obcích [m²]

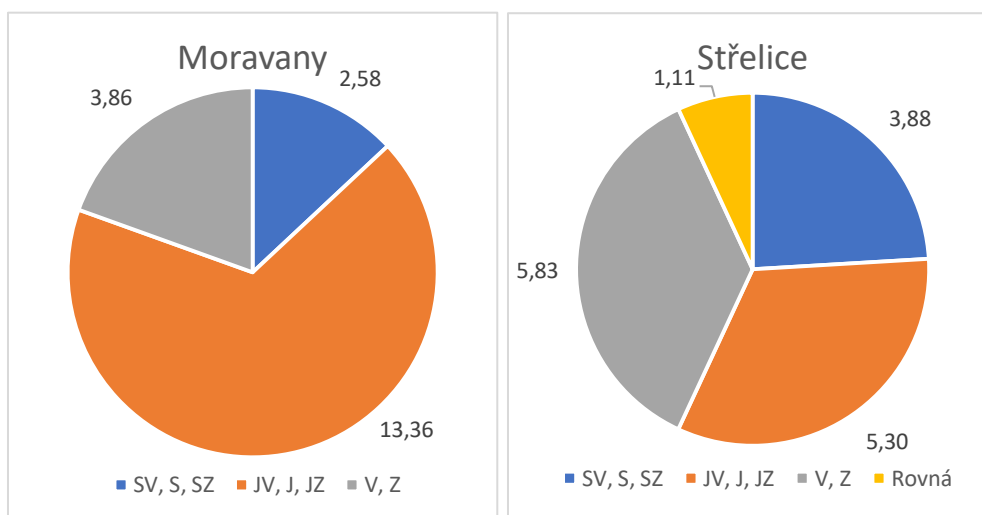
V těchto grafech jsou vyobrazeny střešní plochy v jednotlivých obcích. Data pro ostatní obce byly ručně změřena pomocí internetových katastrálních map [16]. Vidíme, že v obcích převažuje natočení střešních ploch na jih. Velikost koláčových grafů výše reflektuje celkovou plochu všech střech obce.

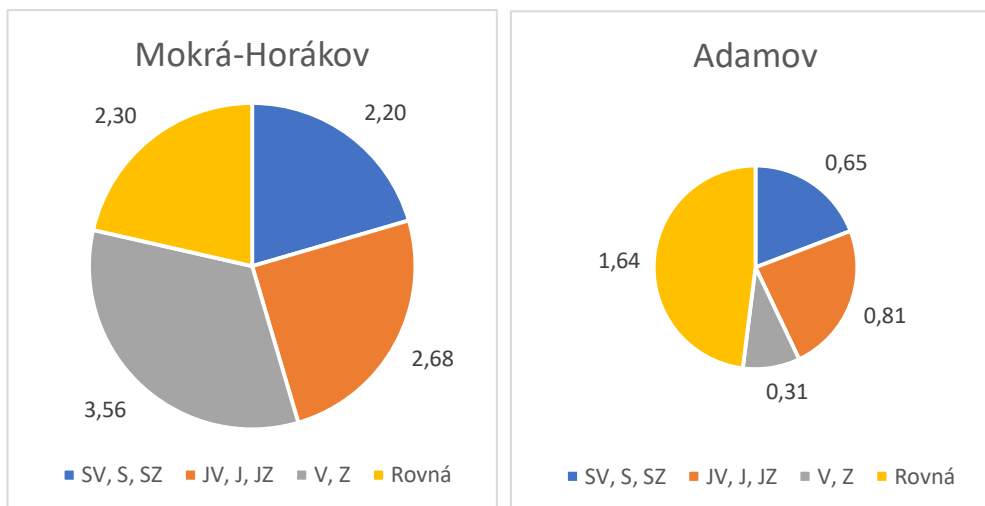
V bakalářské práci pana Štefka nebyly udávány zvlášť informace o střechách s rovným povrchem. Kvůli solární kalkulačce PVGIS ale bylo nutno tyto hodnoty znát, a tak jsem ve své práci počítal tyto střešní plochy zvlášť. Tato informace je zajímavá, protože jejich poměr indikuje přítomnost buď výškových budov, anebo průmyslových zástaveb, které mají často rovné střechy. Rodinné domy mají většinou sedlové nebo valbové střechy. Na obrázku 7-2 je dobře vidět že podíl rovných střech není v obcích konstantní. Nejvyšší podíl zabírají rovné střechy v obci Adamov, kde je vysoký podíl právě výškových budov.



Obr. 7-2 Porovnání ploch střech s rovnými střechami

7.4.3 Porovnání potencionálních výkonů (Solární Panely)

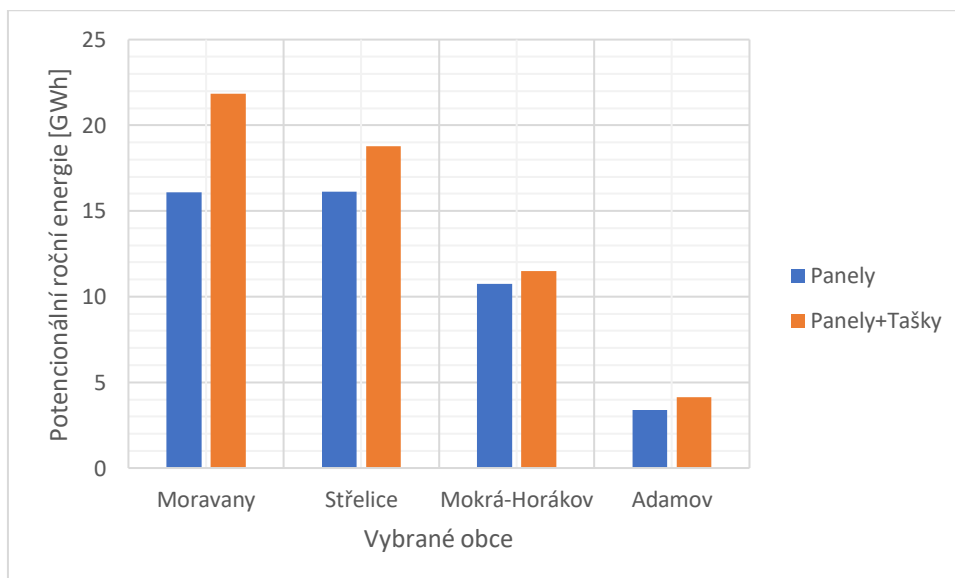




Obr. 7-3 Porovnání potencionálních výkonů [GWh]

Na výše zobrazených grafech lze vidět porovnání potencionálního výkonu mezi obcemi. Data pro obec Moravany jsou převzaty z bakalářské práce pana Štefka [22]. Data pro ostatní obce byly pak vypočtena pomocí metodiky uvedené v kapitole 4.1. Porovnávána je potenciální roční produkce solárních panelů. Lze vidět, že v obcích Střelice a Mokrý Horákov jsou největší podíly ty směřující na Východ a Západ. V obcích Mokrý Horákov a Adamov je zřejmý velký nárůst energie z plochých střech oproti obci Střelice.

7.4.4 Porovnání potencionální produkce různých technických řešení

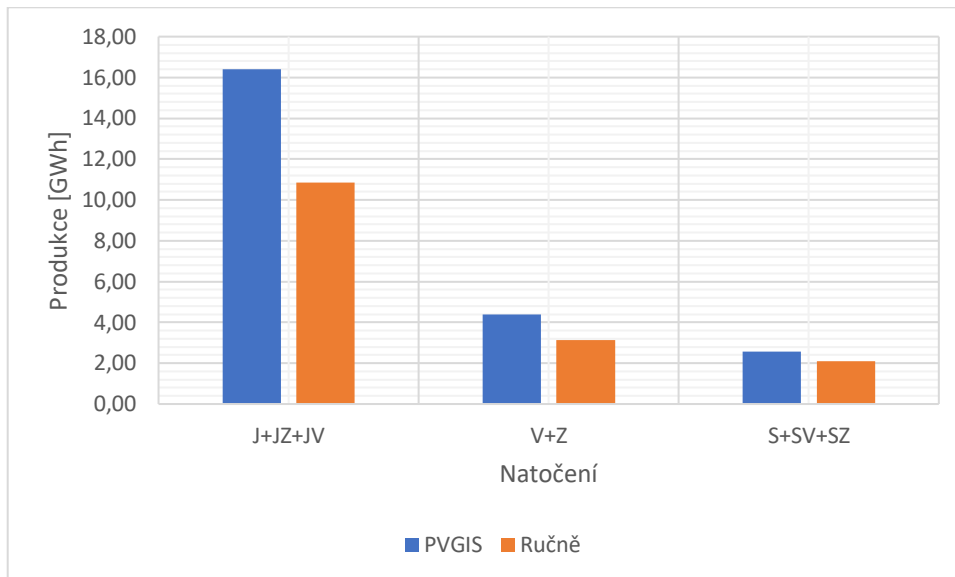


Obr. 7-4 Porovnání potencionální produkce

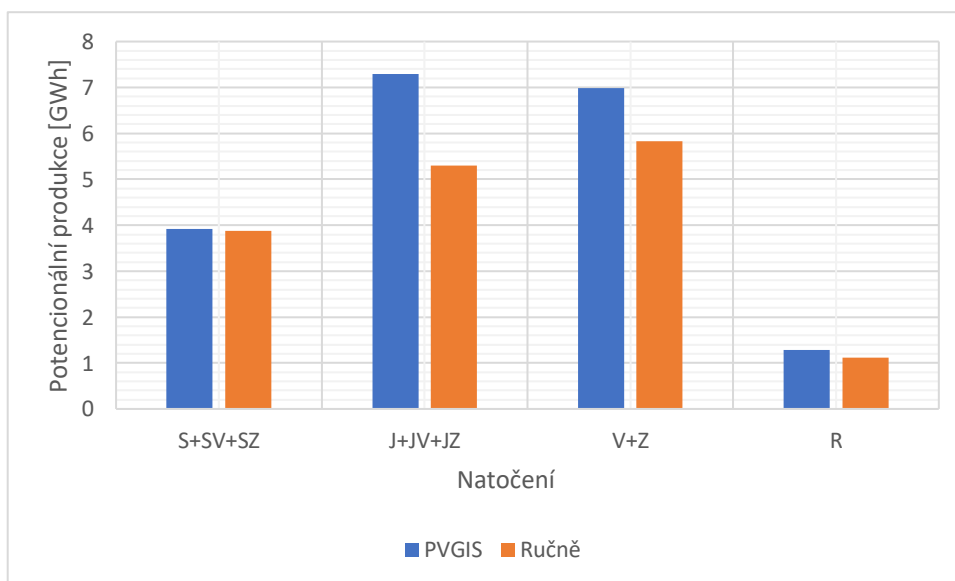
V tomto grafu je vyobrazena potencionální produkce jednotlivých obcí při jednotlivých možných řešeních instalací. Z grafu lze vyčíst, že potencionální produkce s přidáním solárních panelů vzrostla. Data v grafu pocházejí z tabulek hodnot vypočtených pro jednotlivé obce z kapitol 7.1, 7.2 a 7.3.

7.4.5 Porovnání ruční metody s kalkulačkou PV-GIS

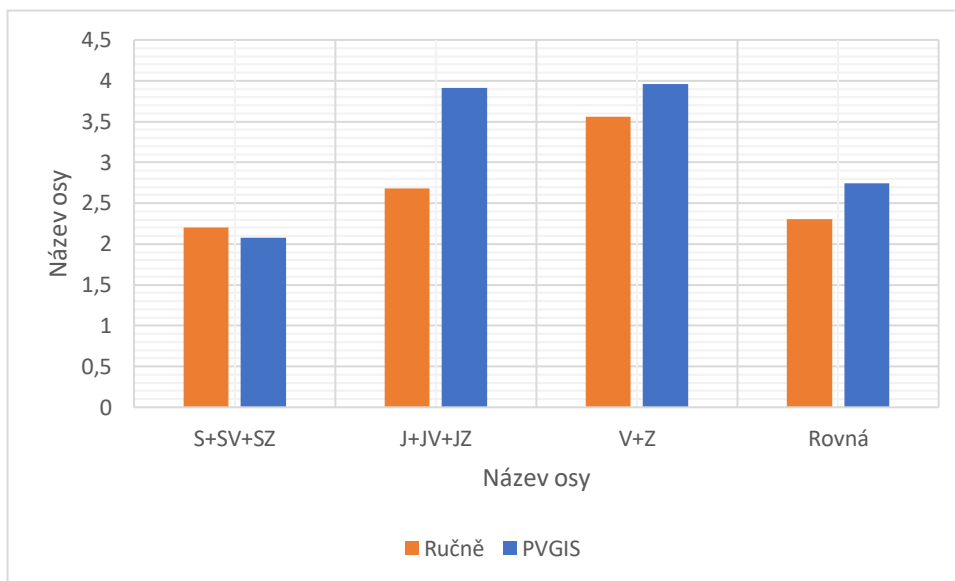
Protože se práce zabývá i softwarovými kalkulačkami, byl vypracován i přehled dat vypočtených pomocí solární kalkulačky PV GIS [17] z kapitoly 3.1. K tomuto výpočtu byly vypočteny instalované výkony pro jednotlivé směry a poté dosazeny do kalkulačky.



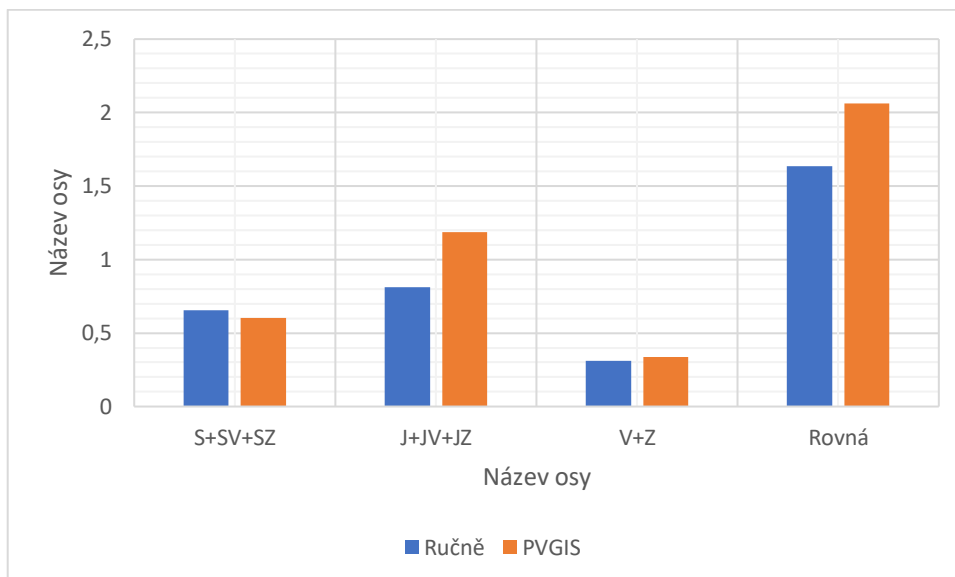
Obr. 7-5 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Moravany



Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Střelice



Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Mokrá-Horákov

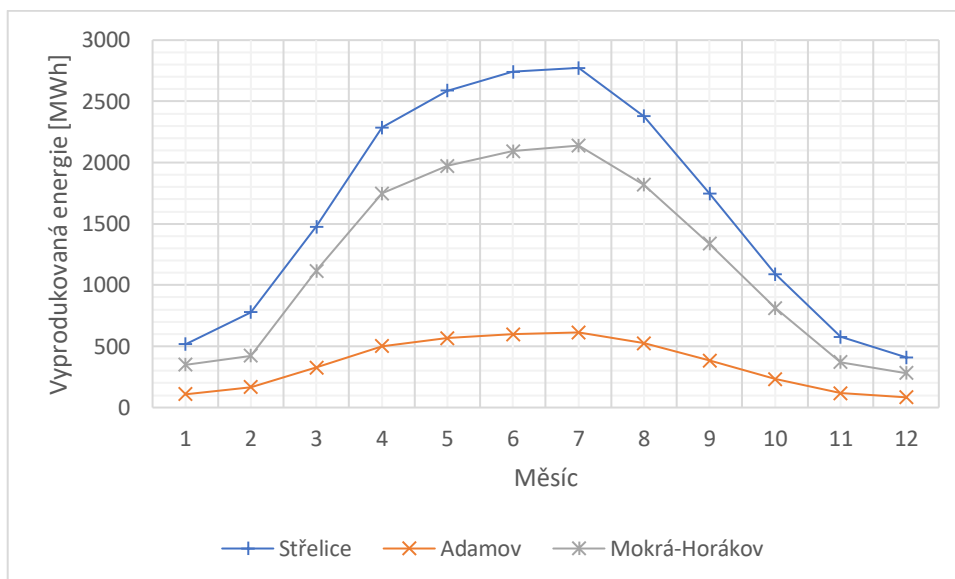


Obr. 7-6 Porovnání potencionální získané energie vypočtené pomocí PVGIS pro obec Adamov

Na obrázcích 7-5 a 7-6 lze vidět porovnání získaných hodnot pomocí metody výpočtu z kapitoly 6.4 a online solární kalkulačkou PVGIS. Hodnoty získané pomocí kalkulačky PVGIS jsou ve většině případů mnohem vyšší. Tyto rozdíly v hodnotách mohli vzniknout díky rozdílným hodnotám průměrné dopadající sluneční energie, či v samotné metodě výpočtu. Jak lze ale vidět z obrázku 7-5, ani odchylka této kalkulačky není konstantní. Největší odchylky se nachází v části pro natočení na jih, nejmenší zas při směru natočení na sever.

7.4.6 Porovnání rozložení výkonu v průběhu roku

Pomocí online softwarové kalkulačky PVGIS byl poté u obcí vypracován graf zobrazující potenciální energetický zisk v jednotlivých měsících.

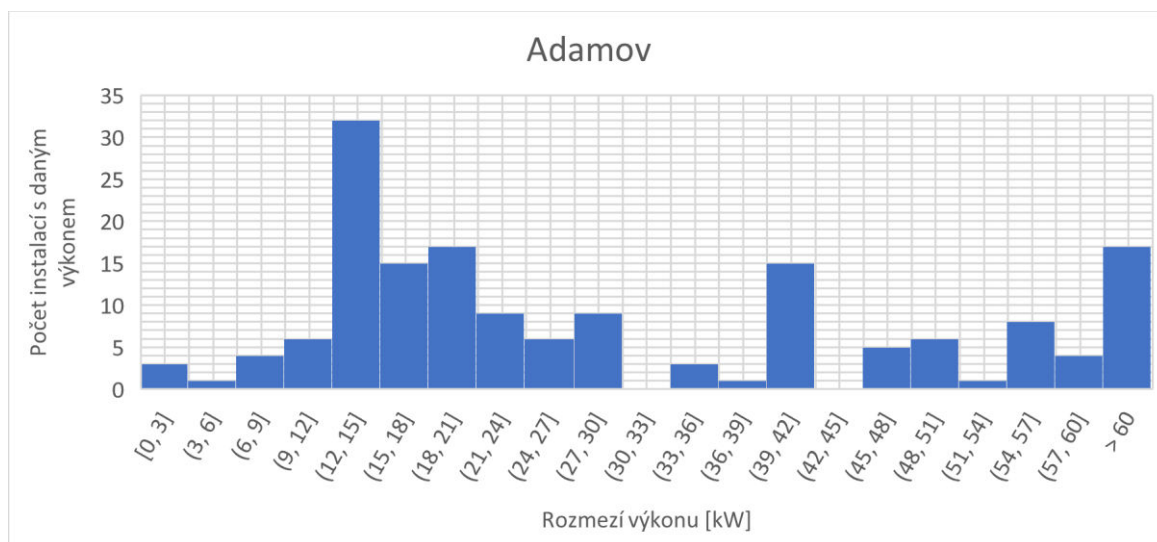


Obr. 7-7 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku

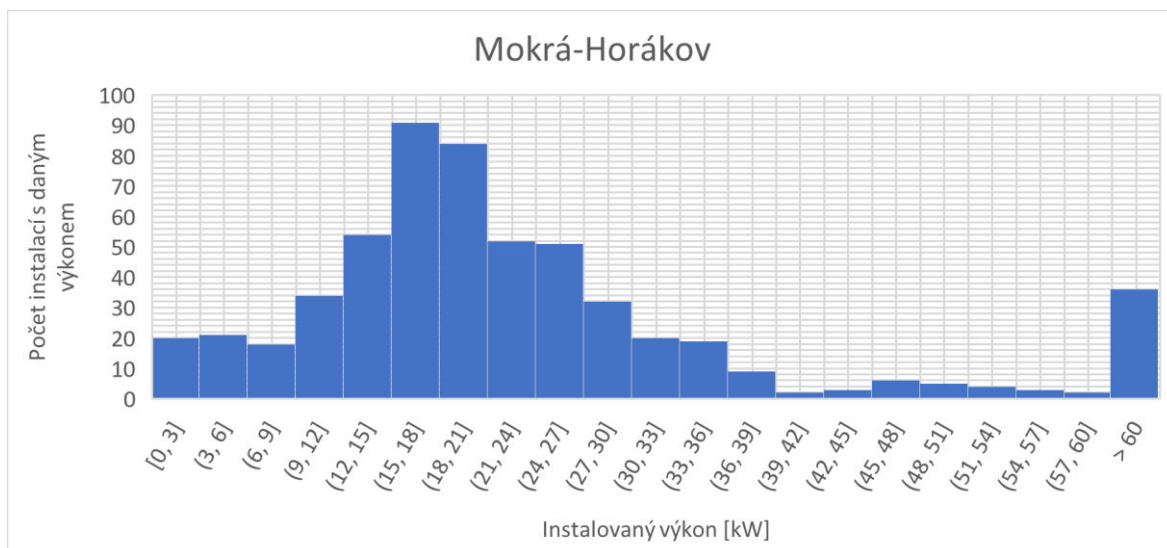
Ze zde vypracovaného přehledu vyplývá, že podle solární kalkulačky PVGIS [17] můžeme očekávat největší zisk elektrické energie v měsíci červenci. Nejnížší hodnoty pak můžeme očekávat v měsících leden a prosinec.

7.4.7 Porovnání histogramů obcí

V rámci práce byl počítán i výkon jednotlivých instalací na střechách a zaznamenávána jeho hodnota. Pro lepší představu o charakteru obce byly hodnoty zavedeny do histogramu. Výsledné grafy lze vidět na obrázcích 7-8 až 7-9.



Obr. 7-8 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku



Obr. 7-9 Potencionální produkce ve vybraných obcích v průběhu roku

Z obrázku 7-8 lze vyčíst že největší počet instalací bude v rozmezí 12 až 15 kW. Dále lze z obrázku vyčíst že závislost počtu instalací na velikosti instalovaného výkonu je víceméně náhodná. Na konci grafu je vyobrazeno větší četnost instalací nad 60 kW, která by mohla být vysvětlena přítomností panelových domů s velkou střechou.

Na obrázku 7-9 vidíme histogram obce Mokrá-Horákov. Zde vidíme největší počet instalací v rozmezí 15 až 18 kW. Oproti histogramu obce Adamov vidíme že do jistého bodu počet instalací roste s výkonem, a od tohoto rozmezí poté klesá. Vpravo lze vidět vyšší číslo instalací s výkonem větší než 60 kW. Zde se bude nejspíše jednat o průmyslové zástavby s velkými střešními prostory.

8 ZÁVĚR

Fotovoltaické prvky jsou v dnešní době čím dál tím víc populárnější. S každým rokem těchto instalací přibývá a podle všeho se nezdá že by tento trend měl začít klesat. Díky rostoucím cenám elektřiny a klesajícím pořizovacím hodnotám těchto systémů je o tyto prvky velký zájem. Největší novinkou ve fotovoltaice v posledních letech jsou solární tašky. Tyto tašky lze využít i na místech kam by se klasické solární panely nevešly a fungují zároveň jako klasická střešní krytina. Další výhodou solárních tašek jsou jejich estetické vlastnosti, které umožnily jejich instalaci i na území, kde by normální panely kvůli památkovému úřadu nemohly být nainstalovány. Jak lze ale vidět z vypočtených hodnot, přestože se jich na stejnou plochu vejde více, a dovedou se lépe přizpůsobit tvaru střechy, tak jejich výkony nejsou v konečném důsledku vyšší než u standardních solárních panelů. Jedná se však o zajímavý doplněk k solárním panelům, kde spojením obou instalací výkon výrazně vzrostl. Podle mezinárodní energetické agentury by mohl v budoucnu počet instalací na domech rapidně vzrůst. V jedné z analýz se dokonce nachází informace, že do roku 2050 by mohly fotovoltaické elektrárny na střechách budov pokrývat až třetinu jejich celkové spotřeby.

Kvůli instalaci těchto prvků je však ale předběžně nutno stanovit očekávaný výkon. S rostoucím počtem instalací bude růst i dopad na distribuční síť a je zapotřebí vědět odhadem jaké výkony můžeme v takovýchto místech očekávat. V této práci tak byla ověřena metoda vytvořena panem Štefkem, s jejíž pomocí by uživatel měl být schopen odhadnout potenciální roční energetickou produkci pro dané území. Byly také prozkoumány alternativní webové kalkulačky, ale jejich využití je až na jednu výjimku nevhodné. Některé z těchto kalkulaček ani například nepodporují celé území České republiky. Konkrétně se jedná o kalkulačku firmy E.ON, která u některých domů nebyla schopna výpočtu. Byla však ale nalezena i jedna kalkulačka, jež byla k aplikaci větších ploch vhodná. Jedná se o kalkulačku PVGIS. Výstupem z kalkulačky je nejen odhadovaná roční produkce elektrické energie, ale zde lze také zobrazit potenciální zisk energie v průběhu roku po jednotlivých měsících.

Poté bylo zapotřebí vybrat co nejrozmanitější portfolio hodnocených vesnic. Nakonec byly vybrány obce Střelice u Brna, Mokrý-Horákov a Adamov. Všechny obce byly poté srovnávány s modelovou obcí Moravany u Brna, jenž se nachází rovinném terénu a nehrozí ji žádné zastínění blízkými kopci nebo výškovými budovami. Jako nejpodobnější byla nalezena obec Střelice. Poté byla vybrána obec, jež se svým zasazením do krajiny od Moravan co nejvíce liší. Tuto kategorii splňuje obec Mokrý-Horákov. Obec Mokrý-Horákov leží v údolí, kde díky blízkému terénu na východ a západ od obce bude značně omezena dopadající sluneční energie ráno a večer. Při výběru obce také záleželo na natočení obce. Modelové Moravany jsou natočeny na jih, solární panely nainstalované na jižní strany domů mají totiž nejvyšší zisk. Obec Mokrý-Horákov je však natočena na východ a na západ, zde je potenciální zisk energie značně nižší. A jako poslední kategorie byla vybrána obec s vyšším zastoupením výškových budov. Protože jedním z požadovaných parametrů obcí je požadovaný počet obyvatel mez 2500 až 3000 obyvatel, tak by měla přítomnost výškových budov mít dopad na celkovou vyprodukovanou roční energii. Byla vybrána část obce Adamov, kde by se měl nacházet požadovaný počet obyvatel. Po výpočtu tak bylo vidět že obec Adamov má ze všech hodnocených obcí nejnižší potenciální produkci elektrické energie.

V konečném výsledku tak byly zhodnoceny tři obce. Všechny měly nižší potenciální zisky než obec Moravany. Nejvyšší potenciální zisk z hodnocených obcí měla obec Střelice. Ta měla celkový roční potenciál pouze o 18,62% nižší než Moravany. Potenciál obce Mokrý-Horákov byla o 45,79 procent nižší, a nejnižší potenciál měla obec Adamov, kde byl o 82,78 % nižší. Obcí kde by tedy bylo možno aplikovat fotovoltaické prvky, která byla vyhodnocena v této práci, se

stává obec Střelice. Na výsledných datech je možno vidět, jak se podepisoval okolní terén a rozložení natočení střech na konečném výsledku. Obec Střelice se nachází na rovinném terénu s minimálním počtem okolních překážek, na jejím území se nachází většinou rodinné domy a poskytuje tak největší možnou plochu z vypracovávaných obcí. Mezi obcí Střelice a obcí Mokrá-Horákov je vidět znatelný pokles potenciálu, a to o 5,38 GWh. To je zapříčiněno vyšším počtem výškových budov a jiným natočením obce. Díky těmto faktorům je tedy tato obec méně vhodná k instalaci fotovoltaických prvků. Obec Adamov byla vybrána, protože se na jejím území nachází velké množství výškových domů. Její celkový potenciál oproti obci Střelice klesl o 12,71 GWh. Tato zástavba tak není k instalaci fotovoltaických prvků vhodná.

Modifikovaná metoda podle normy ČSN EN 15316-4-3 je tedy přenosná i na další vesnice. Obec Moravany mají podobný počet obyvatel, natočení, zasazení v krajině jako obec Střelice a výsledný fotovoltaický potenciál je velmi podobný. U obcí Mokrá-Horákov a Adamov se vyskytl pokles potenciálu odpovídající typizaci střech na daném území a jejich natočení a zasazení v krajině. Tato metoda má však i několik nevýhod. První je časová náročnost. Například zpracování obce Mokrá-Horákov zabrala téměř 25 hodin. V obci se nachází přibližně 580 střešních ploch a každou je třeba zhodnotit zvlášť. Díky velkému množství zpracovávaných budov je tak tato metoda náchylná k odchylce.

Téma této práce je velmi rozsáhle a jistě by se dalo nadále rozvíjet. Například by bylo možné vyhodnotit jaké jsou na jižní Moravě obce a podle toho určit k jakému typu ze 3 zde prezentovaných se blíží.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Easy-PV solar calculator* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://easy-pv.com/>
- [2] *Hanergy Hantile solar roof tiles* [online]. [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: <https://www.hanergy.eu/hantile-solar-roof-tiles/>
- [3] IEA. *Renewables 2019* [online]. Paříž [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019>
- [4] KLAUSIKA, B.B., W. FOLKERTS, P. HERMANS a W. G. H. J. M. SIEBENGA. *Bottom-up analysis of the solar photovoltaic potential for a city in the Netherlands: A working model for calculating the potential using high resolution LiDAR data* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7297968>
- [5] KUTHANAZHI, Vivek a Radim JADHAV. *Estimating Mumbai's rooftop PV potential through mobilization of IEEE student community* [online]. In: . [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7750279/authors#authors>
- [6] *LG solar calculator* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.lgenergy.com.au/solar-calculators/solar-system-based-on-roof-size>
- [7] *Lindab* [online]. [cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://www.lindabsolarroof.com/cz/#1554266655387-123d5056-85f5>
- [8] *Mapa dopadající sluneční energie Solargis* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/czech-republic>
- [9] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [10] *Pan 29 solar tile* [online]. [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: <https://gasserceramic.ch/range-photovoltaics/?lang=en>
- [11] *Panel Renogy na eshopu Neosolar* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.eshop.neosolar.cz/flexibilni-solarni-panel-renogy-160wp-12v>
- [12] *Panel Sunpower na eshopu Iftech* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: https://shop.iftech.cz/monokrystalicke-panely/1488-solarni-panel-sunpower-maxeon3-400wp-mono-cerny-ram.html?search_query=400Wp&results=10
- [13] *Panel Victron Energy na eshopu Neosolar* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/solarni-panel-victron-energy-175wp-12v>
- [14] *Počet obyvatel v obcích k 1.1.2019* [online]. [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>
- [15] *Project Sunroof* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.google.com/get/sunroof>
- [16] *Prohlížeč katastrálních map iKatastr.cz* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.ikatastr.cz/>
- [17] *PVGIS* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- [18] *Renogy solar tile* [online]. [cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://www.renogy.com/160-watt-12-volt-flexible-monocrystalline-solar-panel/>

-
- [19] ŘEHÁK, Jaromír a Radim BAŘINKA. *FOTOVOLTAIKA A FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY V PODMÍNKÁCH ČR A JEJICH NAVRHOVÁNÍ* [online]. In: . [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: https://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf
- [20] *Solární panel AS-6P30* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.eshop.neosolar.cz/solarni-panel-amerisolar-285wp>
- [21] *Solární kalkulačka firmy E.ON* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: <https://www.eon-solar.cz/>
- [22] ŠTEFEK, Martin. *Potencionální produkce elektrické energie ze střešních fotovoltaických elektráren v obci do 3000 obyvatel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2019. 74 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Paar, Ph.D.
- [23] *Tiskové prohlášení skupiny ČEZ* [online]. [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/v-karlovarskem-kraji-natankovali-behem-1.-ctvrtleti-e-ridici-celkem-9-750-kwh-82585>
- [24] *Tesla* [online]. [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/solarroof>
- [25] *Terran Generon* [online]. [cit. 2019-10-25]. Dostupné z: <https://www.terran.cz/generon>
- [26] *Victron Energy solar panels* [online]. [cit. 2019-10-28]. Dostupné z: <https://www.victronenergy.com/solar-pv-panels/bluesolar-panels#downloads>